

基于骑行感受的自行车出行品质评价应用研究

王维凤¹, 叶建红², 方雪丽², 陈小鸿², 陈锦秀¹

(1. 上海市路政局, 上海 200023; 2. 同济大学 道路与交通工程教育部重点实验室, 上海 201804)

摘要: 骑车者对出行环境的真实感受是评价自行车出行品质的根本依据。选择上海市中心城区32条典型自行车路段进行调研, 获取这些路段的物理设施特征与交通流运行特征, 通过视频拍摄得到40个视频片段, 邀请126名志愿者对视频中呈现的自行车出行品质进行评分。基于此构建基于出行感受的自行车出行品质评价模型, 并给出出行品质分级标准。以上海市中心区干路为例进行自行车出行品质评价, 仅32%的干路评级为中等和良好, 进而识别关键影响因素和改善措施。最后, 选择上海市一条自行车路段进行出行品质改善示范, 验证了出行品质评价模型和分级标准的适用性。

关键词: 自行车交通; 骑行感受; 出行品质; 评价模型; 分级标准; 设施改善; 上海市

Users' Experience Oriented Cycling Service Evaluation

Wang Weifeng¹, Ye Jianhong², Fang Xueli², Chen Xiaohong², Chen Jinxiu¹

(1. Shanghai Road Administration Bureau, Shanghai 200023, China; 2. The Key Laboratory of Road and Traffic Engineering of the Ministry of Education, Tongji University, Shanghai 201804, China)

Abstract: Users' experience provides a foundation for evaluating cycling service. This paper investigates characteristics of facilities and traffic flow on the 32 selected typical cycling road segments. The research invited 126 participants to assess the cycling service based 40 video records from the road segments. The paper develops a service evaluation model based on users' experience, and presents level of service standard. For example, only 32% arterial roadways within Shanghai central area are considered as acceptable by 126 volunteer participants, which help to identify service element for improvement. Taking a road segment as a case study to demonstrate cycling service evaluation, this paper discusses the applicability of proposed model and level of service classification standard.

Keywords: bicycle transportation; cycling experience; service quality; evaluation model; classification standard; facilities improvement; Shanghai

收稿日期: 2015-10-09

作者简介: 王维凤(1970—), 女, 吉林汪清人, 博士, 高级工程师, 规划设计处副处长, 主要研究方向: 公共交通、步行和自行车交通等。E-mail: wwfl60730@163.com

0 引言

随着交通拥堵、资源短缺、环境污染及气候变化等问题日益加剧, 自行车交通正在全球范围内得到重新关注与认识, 不少城市和地区纷纷提出改善自行车出行环境、提高自行车使用率的中长期规划与实施策略^[1-2]。住房城乡建设部联合国家发展改革委、财政部等要求各地充分认识加强自行车交通系统建设的重要性和紧迫性, 全面改善自行车出行环境^[3]。为了创建骑行友好的出行环境,

有必要改变传统评价自行车出行品质的方法, 建立便于实际应用的出行品质评价标准。

近年来, 国内外对基于出行者感受的自行车出行品质评价开展了一些有益的探索研究。文献[4]在美国佛罗里达州奥兰多市, 招聘60名志愿者在20 km道路上实地骑行, 要求志愿者即时给出骑行感受, 在此基础上建立了交叉口自行车出行品质评价模型。文献[5]对哥本哈根市拍摄了158个自行车骑行视频片段, 并邀请180名志愿者观看这些视频片段, 给出其评级感受, 从而建立自行车出

行品质满意度模型。文献[6]引入交通压力指数(level of traffic stress)描述自行车出行环境质量。交通压力指数综合考虑了出行者对骑行环境的忍耐度和绕行距离,数值越高,自行车出行环境越需要改善。在中国,文献[7]通过研究骑行者的路径选择行为,得到人们对环境因素的偏好规律,以此为基础探讨评价和改善自行车出行环境的方法。文献[8]在南京市选择5条步行与自行车共享道开展使用者对道路运行状况的感知调查,建立了共享道服务水平评价模型。文献[9]通过增加机动车违法停车因素,对美国自行车兼容性指数模型(bicycle compatibility index model)进行优化。这些研究成果为本次基于骑行感受的自行车出行品质评价应用研究提供了思路与方法借鉴。

1 自行车出行品质评价模型

1.1 调查方法

本文采用基于视频的评分法获取出行者对自行车骑行环境的真实感受。出行品质包含安全品质、舒适品质以及整体品质,分值范围均为1~5分(1分最差,5分最好)。在上海市中心城区选取32条典型自行车路段,调查这些路段的物理特征以及交通流运行特征。利用手持摄像机对调研路段进行视频拍摄,共获取40个视频评级片段。邀请126名志愿者,观看视频片段并对视频中呈现的自行车出行品质进行打分。

1.2 模型构建

通过逐步回归等统计方法,剔除共线性强的影响因素,确定关键性因素作为回归变量,分别对机非物理隔离自行车道、机非划线隔离自行车道和机非无隔离自行车道,构建安全品质、舒适品质模型,进而利用安全品质和舒适品质指数构建整体出行品质评价模型。

表1所示不同类型自行车出行品质评价模型中, p_e 为非机动车道宽度/m; f_b 为助动车流量/(辆·h⁻¹); f_d 为助动车混入率/%; f_c 为机动车流量/(辆·h⁻¹); p_d 为铺面质量; p_c 为路边遮阳比例/%; f_h 为占用非机动车道的路内停车比例/%; p_b 为是否存在上

坡; $BLOS_s$ 为安全品质; $BLOS_{s-h}$, $BLOS_{s-1}$, $BLOS_{s-n}$ 分别对应机非物理隔离、机非划线隔离、机非无隔离自行车道的安全品质; $BLOS_c$ 为舒适品质; $BLOS_{c-h}$, $BLOS_{c-1}$, $BLOS_{c-n}$ 分别对应机非物理隔离、机非划线隔离、机非无隔离自行车道的舒适品质; $BLOS_t$ 为整体品质。

其中, p_e 从1~5 m每增加1 m为1个区间,对应赋值为1, 2, 3, 4; f_b 为20~1 100 辆·h⁻¹分为4个档次(20~<290, 290~<560, 560~<830, 830~1 100),对应流量最低的第一档赋值为1,最高的第四档赋值为4; f_d 为0(非机动车道上全部为自行车)~1(非机动车道上全部为助动车)分为4个档次,对应赋值为1, 2, 3, 4; f_c 为110~1 180 辆·h⁻¹分成4个档次(110~<378, 378~<646, 646~<914, 914~1 182),对应流量最低的第一档赋值为1,最高的第四档赋值为4; p_d 不平整赋值为0,平整则赋值为1; p_c 无遮阳赋值为1,少于50%赋值为2,超过50%赋值为3; f_h 无路内停车赋值为1,少于50%赋值为2,超过50%赋值为3; p_b 无上坡赋值为0,有上坡赋值为1。

3个安全品质模型、3个舒适品质模型以及整体品质模型的相关系数R²分别为0.81, 0.87, 0.85, 0.82, 0.81, 0.80, 0.89。各影响因素的回归系数检验 $P \leq 0.05$, 说明所建立的回归模型具有统计学意义。由不同类型自行车出行品质评价模型统计参数结果可知:

1) 机非隔离形式是影响安全感受的首

表1 不同类型自行车出行品质评价模型

Tab.1 Different evaluation models for cycling service

出行品质		出行品质评价模型
安全品质	机非物理隔离自行车道	$BLOS_{s-h}=2.785+0.412p_e-0.012f_b-0.002f_d$
	机非划线隔离自行车道	$BLOS_{s-1}=2.102+0.302p_e-0.010f_c-0.004f_d$
	机非无隔离自行车道	$BLOS_{s-n}=2.602-0.458f_c-0.068f_d$
舒适品质	机非物理隔离自行车道	$BLOS_{c-h}=2.407+0.502p_d+0.362p_c-0.321f_h$
	机非划线隔离自行车道	$BLOS_{c-1}=2.399+0.412p_d+0.357p_c-0.343f_h$
	机非无隔离自行车道	$BLOS_{c-n}=2.320+0.398p_d+0.321p_c-0.298f_h-0.116p_b$
整体品质		$BLOS_t=0.396+0.499BLOS_s+0.385BLOS_c$

要指标。从无隔离、划线隔离到物理隔离，安全感受越来越高。非机动车道宽度是机非物理隔离车道上影响安全感受的重要指标，助动车流量和助动车混入率影响力依次递减；非机动车道宽度是机非划线隔离车道上影响安全感受的重要指标，机动车流量、助动车混入率影响力依次递减；机动车流量是机非无隔离车道上影响安全感受的重要指标，助动车混入率影响力次之。

2) 铺面质量是影响舒适感受的首要指标。在机非物理隔离和划线隔离车道上，路边遮阳比例、占用非机动车道的路内停车比例对舒适感受的影响力依次递减。在机非无隔离车道上，路边遮阳比例、占用非机动车道的路内停车比例及是否存在上坡对舒适感受的影响力依次递减。

3) 安全感、舒适感对自行车整体出行品质的影响力依次递减。

表2 出行品质分级标准

Tab.2 Cycling level of service standard

出行品质等级	出行品质指数	服务人群
良好	≥ 3.3	可基本满足所有人的骑行需求
中等	$> 3.0 \sim < 3.3$	可满足II类和III类群体的骑行需求
较差	$> 2.5 \sim 3.0$	可满足III类群体的骑行需求
差	≤ 2.5	所有人群都不可接受



a 良好级别——曲阳路



b 中等级别——海宁路



c 较差级别——密云路



d 差级别——川黄路

图1 典型出行品质分级道路

Fig.1 Typical roadways with different cycling level of service

2 自行车出行品质分级标准

2.1 出行品质分级标准

本文在对自行车出行品质进行量化分析基础上，进一步建立与骑车者出行特征相对应的出行品质分级标准。基于出行频率的差异性，将自行车出行者分为三类群体：I类，自行车周使用次数为从不使用或者1~2次；II类，自行车周使用次数为3~6次；III类，自行车周使用次数超过7次。

若志愿者对视频评级为满意或较好，态度视为接受；若志愿者对视频评级为中等，态度视为中立；若志愿者对视频评级为较差或差，态度视为不接受。I类群体中对某视频片段给予接受评级结果的人数与所有I类群体参与评选该视频的人数之比，即作为I类群体对某视频片段的可接受程度；依此类推，分别得到II类和III类群体对该视频片段的可接受程度。

将三类群体的可接受程度均大于80%的视频片段定位为良好级别；将I类群体的可接受程度小于80%且II类和III类群体的可接受程度大于80%的视频片段定位为中等级别；将I类和II类群体的可接受程度小于80%且III类群体的可接受程度大于80%的视频片段定位为较差级别；将三类群体的可接受程度均小于80%的视频片段定位为差级别。提取对应等级视频片段的特征参数，代入出行品质评价模型中，进而获得各级别的出行品质极值范围，最终可以得到自行车出行品质分级标准(见表2)。

2.2 典型出行品质分级道路

本文选取曲阳路、海宁路、密云路和川黄路4条路段作为典型出行品质分级道路(见图1)，利用自行车出行品质评价模型计算，得到出行品质指数分别为3.7, 3.1, 2.8和2.4，其出行品质等级分别为良好、中等、较差和差级别。导致曲阳路出行品质良好的主要影响因素是采用物理分隔、非机动车道宽度较宽、铺面平整以及路边遮阳比例较高；导致海宁路出行品质为中等的主要影响因素是机非仅采用划线隔离，无物理设施分隔；导致密云路出行品质较差的主要影响因素是机非采用划线隔离、非机动车道较窄；导致川黄路出行品质差的主要影响因素是机

非间无隔离、铺面不平整和路边遮阳比例较低等。

3 出行品质分级结果分析

3.1 出行品质分级结果

出行品质评价模型与分级标准可用于对路段现状自行车交通设施进行客观与量化评估。以上海市中心区干路为例进行自行车出行品质评价，可得到现状中心区干路自行车出行品质分级结果。

如表3所示，上海市中心区所有干路中，52%的路段处于出行品质较差及差水平，大多数自行车使用者不能接受该类路段；只有26%的路段能够为大多数骑车者提供可接受的出行品质；能够提供良好品质、具备吸引机动化出行者选择自行车出行的路段仅占6%。另外，对于大量的禁非道路(16%的路段)，也需要进一步论证是否对非机动车开放以及开放的规模。

3.2 出行品质改善重点

通过出行品质评价模型进一步分析导致上海市中心区干路自行车出行品质差的关键影响因素，对比出行品质差和出行品质良好的路段，找出影响因素的取值特征(见表4和表5)。

根据影响因素取值特征可知，导致中心区主干路出行品质差的主要影响因素包括机非之间无物理隔离、部分非机动车道宽度偏窄、部分道路植树不够导致遮阳比例偏低、路内停车占用非机动车道。导致次干路出行品质差的主要影响因素为机非之间无物理隔离、部分非机动车道宽度偏窄、路内停车占用非机动车道。这些关键影响因素的识别为中心区干路自行车出行品质的提升明确了重点改善对象(见表6)。

根据评级为差的中心区干路特征，改善重点在于机非隔离形式、非机动车道宽度、铺面质量、路边遮阳比例等方面，可看出关键点在于安全因素和舒适因素两大方面，有一方面极差而另一方面达不到良好，或两方面均较差即会被评级为差。因此，改善路径可分为两类：将其中一类因素改善至良好以上，其他因素改善至较差以上；将两类要素均改善至中等以上。由此，该路段的骑行环境尚能改善至被接受。若要将路段骑行环境

改善至良好以上，则各方面因素均须得到有效提升。

针对评级为差的中心区干路路段集中体现的问题，除机动车流量暂时难以改变外，可行的改善措施包括：增加机非分隔措施，优先使用物理隔离，至少应有划线隔离，提高骑车者安全感受；管制路内停车，在机非物理隔离无法实施的情况下，使用划线隔离并管制路内停车，为非机动车留出安全行驶空间；加设路边遮阳设施，如植树或有盖连廊，提升骑行舒适感受；平整路面铺装，有条件可设置彩色铺面。

4 自行车交通设施改善示范

本文利用自行车出行品质评价模型和分

表3 上海市中心区干路自行车出行品质分级结果
Tab.3 Cycling level of service on arterial roadways in Shanghai central area

等级	主干路/条	次干路/条	总计/条	比例/%
良好	24	48	72	6
中等	120	192	312	26
较差	264	240	504	42
差	48	72	120	10
禁非	72	120	192	16

表4 上海市中心区主干路自行车出行品质对比
Tab.4 Comparison on cycling service of major corridors in Shanghai central area

影响因素	出行品质较差、差路段	出行品质良好路段
机非隔离	95%无物理隔离，5%物理隔离	100%物理隔离
非机动车道宽度	73%为1~2 m	100%为4~5 m
铺面质量	97%平整	100%平整
路边遮阳	39%遮阳比例超过一半	66%遮阳比例超过一半
路内停车	45%无路内停车	90%无路内停车

表5 上海市中心区次干路自行车出行品质对比
Tab.5 Comparison on cycling service of the minor corridors in Shanghai central area

影响因素	出行品质较差、差路段	出行品质良好路段
机非隔离	98%无物理隔离，2%物理隔离	100%物理隔离
非机动车道宽度	89%小于2 m	100%大于3 m
铺面质量	92%平整	99%平整
路边遮阳	69%遮阳比例超过一半	73%遮阳比例超过一半
路内停车	45%无路内停车	89%无路内停车

王维凤 叶建红 方雪丽 陈小鸿 陈锦秀
基于骑行感受的自行车出行品质评价应用研究

表6 上海市中心区主、次干路自行车出行品质提升重点措施
Tab.6 Measures for improving cycling service of major/minor corridors
in Shanghai central area

改善对象、措施	中心区主干路	中心区次干路
机非之间设置物理隔离	√	√
加宽非机动车道	√	√
提高铺面质量		
提高路边遮阳比例	√	
控制路内停车比例	√	√

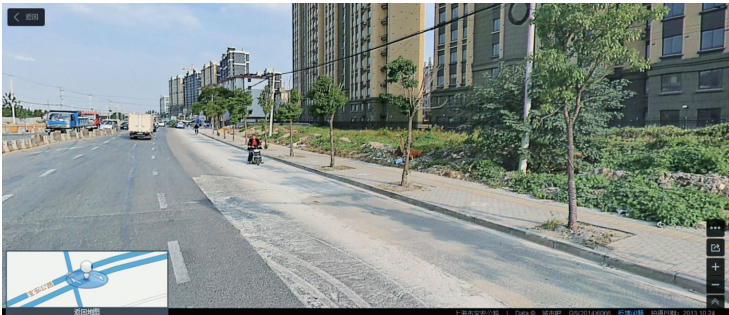


图2 改善前的宝安公路
Fig.2 Bao' an Road before improvement
资料来源：城市吧街景地图。

表7 宝安公路改善前道路设施特征
Tab.7 Characteristics of Bao' an Road before improvement

因素	机非隔离类型	非机动车道宽度	铺面质量	遮阳比例
因素特征	划线隔离	3~4 m	不平整	几乎没有
模型赋值		3	0	1



图3 改善后的宝安公路
Fig.3 Bao' an Road after improvement
资料来源：腾讯街景地图。

表8 宝安公路改善后道路设施特征
Tab.8 Characteristics of Bao' an Road after improvement

因素	机非隔离类型	非机动车道宽度	铺面质量	遮阳比例
因素特征	物理隔离	2~3 m	平整	大于50%
模型赋值		2	1	3

级标准，进一步开展自行车交通设施改善示范研究。基本思路为：选择1条出行品质为差或较差级别的自行车路段，识别导致该路段出行品质差的关键影响因素，进而针对这些因素实施改善措施并进行改善效果分析。

4.1 示范设施选择

所选择的改善设施应具有一定的代表性，同时具备实施的可能性与条件。本文选择上海市宝安公路的一段自行车道作为改善示范对象。宝安公路是连接上海市宝山、嘉定两区，穿越沪嘉高速公路、204国道和126省道等主要公路的城乡接合部重要干路。基于2013年10月街景地图，宝安公路(菊盛路—菊泉街)(以下简称“宝安公路”)的基本情况如图2和表7所示。

将表7中的相关参数值带入出行品质模型，可得到改善前宝安公路的出行品质指数为2.8，属于较差等级，大多数人不愿接受该出行品质。导致该路段自行车出行品质不高的主要影响因素包括：机非仅采用划线隔离、铺装不平整、行道树遮阳比例低等。对上述影响因素，提出相应改善措施：隔离形式由划线隔离改为物理隔离，提高骑行者的安全性；铺面质量由不平整改为平整，提高骑行者的舒适性；路边遮阳比例由少于50%提高至50%以上，在炎热季节，提高骑行者的舒适性。将改善后的宝安公路道路属性数据代入出行品质模型，得到改善后出行品质指数为3.5，达到良好等级，可基本满足所有人的骑行需求。改善后的宝安公路基本情况如图3和表8所示。

4.2 改善效果验证分析

为验证出行品质评价模型的有效性，分析上述自行车交通设施改善措施是否对提高出行品质具有真实效用，本文继续对自行车出行者开展抽样调查，被试者对宝安公路改善前后的自行车出行品质进行评价，从而获得改善前后的评价等级。进一步对比由出行品质评价模型计算得到的改善前后评价等级，判断本研究所建立的出行品质评价模型是否接近实际。根据三类自行车骑行群体分类依据，共邀请30名I类、12名II类、7名III类骑车者对宝安公路改善前后的自行车出行品质进行评价，得到评价结果如表9所示。

对比出行品质评价模型评价结果与实际出行者抽样调查结果可以看出,本文建立的评价模型计算结果与实际调查结果非常接近,误差在10%以内(见表10)。因此,出行品质评价模型具有较高的可信度,能够作为自行车出行品质评估与设施改善的决策参考工具。

5 结语

自行车出行易受道路设施条件和外部环境因素的制约,决定了其出行品质评价不能局限于对速度和延误等出行效率的衡量。本文基于出行者对真实骑行环境的感受与评分,考虑骑行安全性、舒适性,构建了自行车出行品质评价模型,并进一步考虑骑车者差异化的出行特征,建立了与出行群体分类相关联的出行品质分级标准。最终,通过选择示范路段进行改善,验证了出行品质评价模型与分级标准的适用性。

需要指出,本文主要是针对路段进行自行车出行品质评价,下一步可利用类似方法对自行车穿越交叉口进行出行品质评价模型构建,从而形成完整的自行车出行品质评价结果。

参考文献:

References:

[1] Greater London Authority. The Mayor's Vision for Cycling in London[R]. London: Greater London Authority, 2013.

[2] Stefan Gössling. Urban Transport Transitions: Copenhagen, City of Cyclists[J]. Journal of Transport Geography, 2013, 33: 196-206.

[3] 住房城乡建设部, 发展改革委员会, 财政部. 关于加强城市步行和自行车交通系统建设的指导意见[EB/OL]. 2012[2015-01-15]. http://www.mohurd.gov.cn/zcfg/jsbwj_0/js-bwjcsjs/201209/t20120917_211404.html.

[4] Landis B, Guttenplan M, Crider L. Intersection Level of Service: The Bicycle Through Movement[C]//TRB. Proceedings of the 81st Annual Meeting of Transportation Research Board. Washington DC: TRB, 2002: 3-15.

[5] Jensen S. Pedestrian and Bicycle Level of Service on Roadway Segment[C]//TRB. Proceed-

表9 宝安公路改善前后自行车出行品质评价结果

Tab.9 Evaluation results of cycling service on Bao'an Road before and after improvement

出行者类型	改善前总体平均分	改善后总体平均分
I类群体	2.65	3.64
II类群体	2.62	3.60
III类群体	2.53	3.54
所有出行者	2.63	3.62

表10 出行品质改善结果误差分析

Tab.10 Error analysis of cycling service before and after improvement

类型	出行品质指数		出行品质等级	
	改善前	改善后	改善前	改善后
模型评估	2.82	3.51	较差	良好
实际调查	2.63	3.62	较差	良好
误差/%	7.22	3.31		

ings of the 82nd Annual Meeting of Transportation Research Board. Washington DC: TRB, 2003: 4-12.

[6] Maaza C, Peter G, Hilary N. Low-Stress Bicycling and Network Connectivity[R]. San Jose: Mineta Transportation Institute, 2012.

[7] 潘晖婧, 朱玮, 王德. 基于路径选择行为的自行车出行环境评价和改善[J]. 上海城市规划, 2014(2): 12-18.

Pan Huijing, Zhu Wei, Wang De. Evaluation and Improvement of Bicycle Travel Environment Based on the Cycling Route Choice Behavior[J]. Shanghai Urban Planning Review, 2014(2): 12-18.

[8] 於昊, 陈峻, 谢之权. 自行车一行人共享道服务水平研究[J]. 城市交通, 2012, 10(1): 75-79.

Yu Hao, Chen Jun, Xie Zhiquan. Level of Service Model on Urban Cycle-Pedestrian Shared Road[J]. Urban Transport of China, 2012, 10(1): 75-79.

[9] 戴冀峰, 赵贤兰, 林建新, 李雪. 城市自行车路段服务水平研究[J]. 长安大学学报(自然科学版), 2015(S1): 26-31.

Dai Jifeng, Zhao Xianlan, Lin Jianxin, Li Xue. Level of Service on Urban Bicycle Road [J]. Journal of Chang'an University: Natural Science Edition, 2015(S1): 26-31.